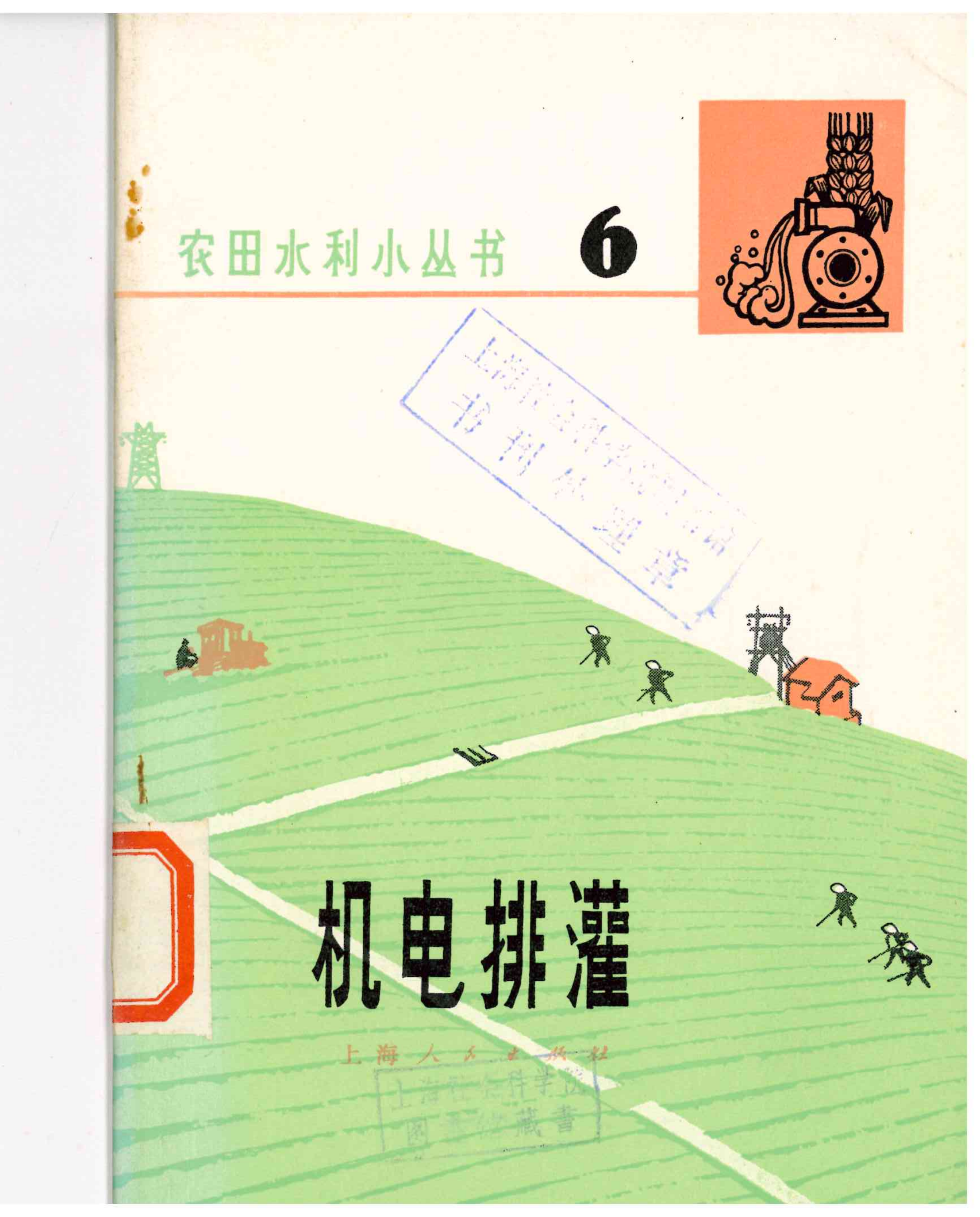
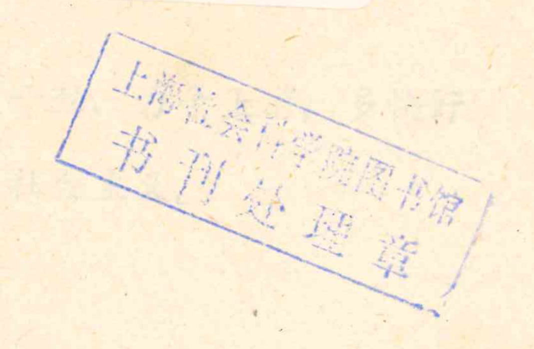

农田水利小丛书 6
机电排灌
上海人民出版社

农田水利小丛书（六）

机电排灌

华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组　编





上海人民出版社

说　　明

遵照毛主席关于"水利是农业的命脉"的教导，为适应我国农田水利事业的迅速发展，为广大的社队水利干部提供农田水利的参考及一般基础知识，通过广泛的调查研究，编集了这套《农田水利小丛书》。

内容包括：测量及水文基本知识；农田灌溉；防洪除涝、盐碱土改良及水土保持；小型水库；小型水闸；机电排灌；社队水利规划；水利管理等八个分册。内容比较广泛。

本套丛书以社队水利干部、贫下中农和知识青年为对象。其他单位可供参考。

毛主席语录

深挖洞、广积粮、不称霸。

水利是农业的命脉，我们也应予以极大的注意。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

前 言

“农业是国民经济的基础”，“水利是农业的命脉”。全国解放以后，在党和毛主席的正确领导下，农业走上了集体化的道路，农田水利事业得到了不断的发展。但是刘少奇推行的修正主义路线，干扰了农田水利事业的深入发展，在农田水利建设问题上，存在着两条道路、两条路线的激烈斗争。经过无产阶级文化大革命，在普及、深入、持久的批林批孔运动推动下，广大贫下中农和干部的路线斗争觉悟不断提高，他们狠批林彪孔老二“克己复礼”的反动纲领，和形形色色的资本主义倾向，坚持社会主义道路；狠批“天命论”，大破右倾保守和懦夫懒汉世界观，树立人定胜天的信心；狠批上智下愚的唯心史观，克服等、靠、要的思想。在毛主席“**备战、备荒、为人民**”“**深挖洞、广积粮、不称霸**”的伟大战略方针指引下，以“**愚公移山、改造中国**”的英雄气概，决心重新安排河山。在党的一元化领导下，自力更生，艰苦奋斗，治山治水，改土造田，扎扎实实地建设旱涝保收、高产稳产农田。各地在农田水利基本建设上抓三个方面：一是尽快达到一人一亩旱涝保收、高产稳产农田；二是大力发展小型水利，把后进地区促上去；三是抓管理，保安全，促配套，夺高产。大批促大干，大干促大变。目前，祖国大地上，到处掀起农田基本建设的高潮，为夺取农业的更大丰收创造条件。

河南省林县人民劈开太行山，引进漳河水，把有名的“光岭秃山头，清水贵如油”的穷山沟，变成渠道纵横，清水畅流的

社会主义新山区。冀、鲁、豫三省人民在治理黄河、淮河、海河的同时，大搞打井开沟，平田整地的农田基本建设，与旱、涝、碱作斗争，有力地促进了农业生产的发展。太湖地区广大贫下中农根据本地区特点和农业生产发展的要求，大搞农田灌溉的技术革新，把地面渠道改建为地下渠道，为农业现代化及增产创造了有利条件。类此先进事例，不胜枚举。

农田水利事业取得如此辉煌的成就，是毛主席的无产阶级革命路线的胜利。

为了适应农田水利事业的迅速发展，为广大的社队水利干部提供农田水利工作的参考及一般基础知识，我们编写了这套小丛书，包括：测量及水文基本知识，农田灌溉，防洪除涝、盐碱土改良及水土保持，小型水库，小型水闸，机电排灌，社队水利规划及水利管理等。内容比较广泛，力求通俗易懂。由于农田水利的地区性很强，而我国幅员广大，地理、气候及农业生产条件，南北殊异，这里介绍的是以南方为主，因此有一定的局限性。加以编者马列主义、毛泽东思想学得不好，实践不够，资料搜集和调查研究又不足，谬误之处一定不少，热诚希望同志们提出批评指正。

华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组

目　录

机电排灌

机电排灌是农田水利工程的一个重要内容，也是农业机械化的重要组成部分。我国机电排灌事业发展是很迅速的，在消除旱涝灾害，保证农业高产稳产方面，起了重要的作用。本章主要介绍农田排灌常用水泵的性能和选型配套，以及抽水站规划设计方面的基本知识。

一、农用水泵的基本知识

（一）农用水泵的类型和工作原理

水泵的类型很多，农田排灌中常用的有离心泵、轴流泵和混流泵等三种。在地下水位较深的井灌地区广泛使用深井泵。在山区河流上以及水流有落差的地点，水轮泵、水锤泵有了一定的发展。此外，潜水电泵在一些地区灌溉中也有应用。

1．离心泵

按照叶轮进水方式，又可分为单面进水悬臂式离心泵（简称单吸泵）和双面进水离心泵（简称双吸泵）。泵壳内只有一个叶轮的叫单级泵；有两个以上叶轮串联的叫多级泵。在水泵型号上单级单吸泵称为 BA 型；单级双吸泵称为 Sh 型（水泵型号意义见表1所示）。离心泵的扬程较高，流量较小，适合于山丘区抽水灌溉。

离心泵工作原理是依靠叶轮旋转时叶片产生的离心力作用，把水吸上来而又压出去的。当叶轮在动力机带动下旋转时，水流从叶轮中部被叶片的离心力作用甩向叶轮周围蜗壳

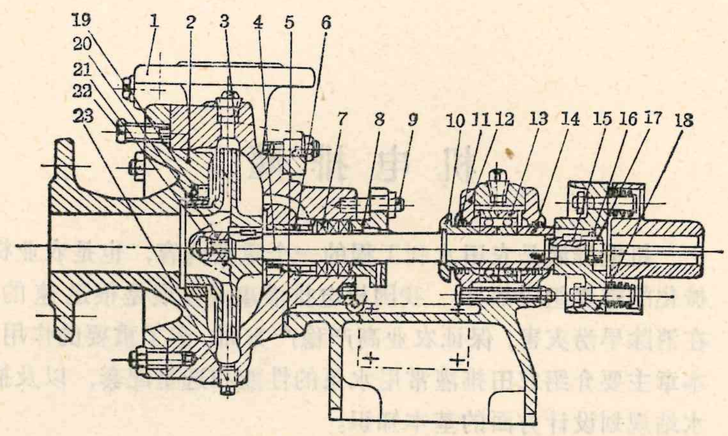


图1 BA 型甲式水泵剖面

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—轴；5—托架；6—填料套；7—填料；8—填料压盖；9—双头螺栓；10—钢丝挡圈；11—轴承挡套；12—轴承端盖；13—单列向心球轴承；14—挡套；15—键；16—小圆螺母止退垫圈；17—小圆螺母；18—联轴器；19—减漏环；20—叶轮螺母；21—外舌止退垫圈；22—螺钉；23—四方螺塞

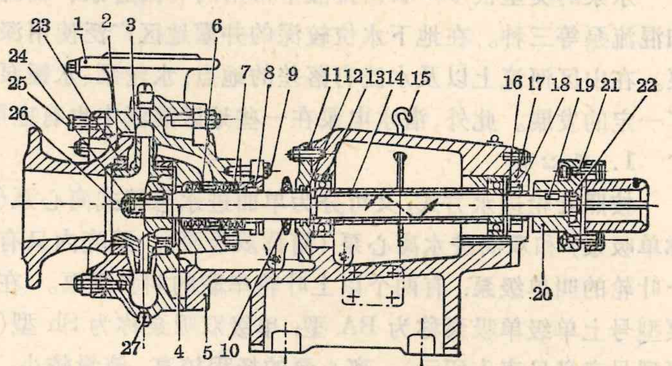


图2 BA 型乙式水泵剖面

1—泵体；2—泵盖；3—叶轮；4—轴；5—托架；6—填料环；7—填料；8—填料压盖；9—双头螺栓；10—挡水圈；11—轴承端盖；12—挡油圈；13—单列向心球轴承；14—定位套；15—油标；16—挡油圈；17—挡套；18—双头螺栓；19—键；20—联轴器；21—小圆螺母止退垫圈；22—小圆螺母；23—减漏环；24—叶轮螺母；25—螺钉；26—外舌止退垫圈；27—四方螺塞

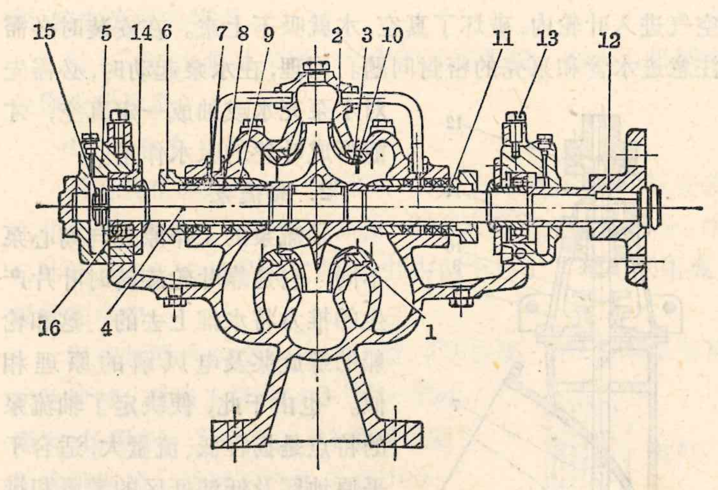


图3 双吸式离心泵剖面

1—蜗形体；2—泵壳盖；3—叶轮；4—水泵轴；5—轴承体；6—填料压盖；7—填料环；8—填料；9—填料套；10—减漏环；11—轴套；12—联轴器；13—轴承体压盖；14—轴承压盖；15—圆螺帽；16—滚珠轴承

内，这时叶轮中心和进口处便形成了一定真空，而水源的水在大气压力作用下，通过进水管进入叶轮，这就是吸水作用。当叶轮不停地旋转，被甩向叶轮周围蜗壳内的水流压力不断增加，于是便沿着出水管压到高处去，这就是压水作用。由此可见，如果离心泵进水管漏气，

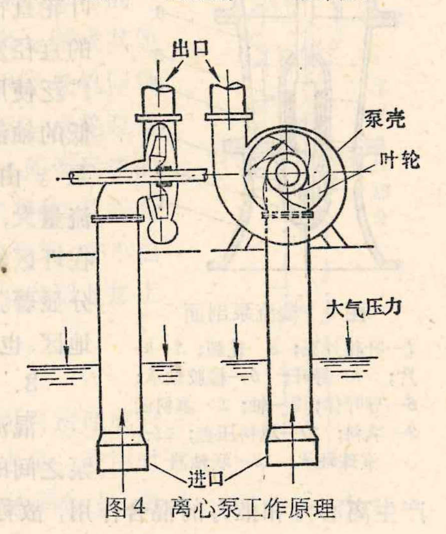


图4 离心泵工作原理

空气进入叶轮内，破坏了真空，水就吸不上来。在安装时必需注意进水管和泵壳的密封问题。同理，在水泵起动时，必需先对水泵充水或抽成一定真空，才能形成叶轮的吸水作用。

2. 轴流泵

轴流泵的工作原理与离心泵不同，它是靠叶轮旋转时叶片产生的推力将水推上去的。这和轮船的螺旋桨及电风扇的原理相似。也由于此，便决定了轴流泵的特点是扬程低、流量大，适合于平原地区及低洼圩区的灌溉和排涝。我国目前生产的轴流泵最小叶轮直径为300毫米，而最大的叶轮直径已达3米，还在向更大的直径发展。近几年来江苏省内广泛使用无出水弯管而扬程特别低的轴流泵，群众称之为"圬工泵"。由于其扬程仅达2米左右，流量大，结构简单，造价低廉，故在圩区的排涝和灌溉中，效益十分显著。其他省市凡条件相同的地区，也逐渐引用了"圬工泵"。

图5　轴流泵剖面

1—叶轮外壳；2—轮毂；3—叶片；4—导叶；5—橡胶轴承；6—导叶体；7—轴；8—填料函　9—填料；10—填料压盖；11—滚珠轴承；12—联轴器

3. 混流泵

混流泵是介于离心泵和轴流泵之间的一种水泵，叶轮旋转时产生离心力和推力的混合作用，故称为混流泵。具有中等扬程、较大流量的特点。

以上三种水泵是农用水泵中的基本泵型，在水力机械中合称为叶片泵。

4. 深井泵

系安装在深井中的一种水泵，共分三大部分：电动机安装在井上；井中是水管和传动部分；最下面是水泵工作部分。水泵叶轮有离心式和混流式两种，并由两个以上叶轮串联组成，浸没在水中。

深井泵型号也较多，如SD型，JD型等。SD型泵水管用法兰连接，适用于机井口径200～350毫米，扬程24～120米。JD型泵水管用管箍连接，适用于机井口径100～400毫米，扬程22～99米。

5. 水轮泵

是水轮机直接带动水泵工作的一种提水机械，不需要另外电源或其他动力机驱动。水泵叶轮和水轮机同轴安装，故两者的转速相等。水轮泵是安装在具有一定落差的水库及河道的拦河坝下，以及渠道跌水等处，只要有一定的流量，便可不停地运转，在不抽水时还可以发电或作其他农副业加工等动力用。

6. 潜水电泵

是一种电动机与水泵直接连成一整体而外部密封的新型水泵。使用时全部淹没于水中。它的体积较小，造

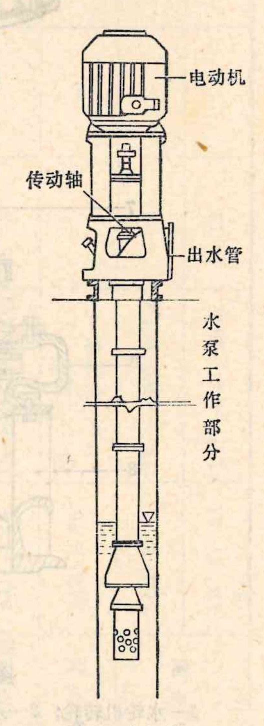


图6　深井泵

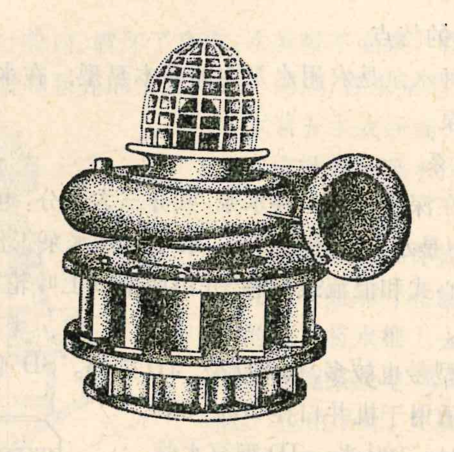


图7 水 轮 泵

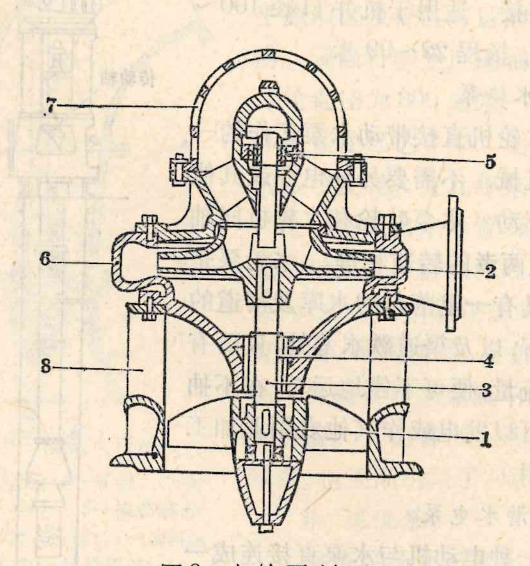


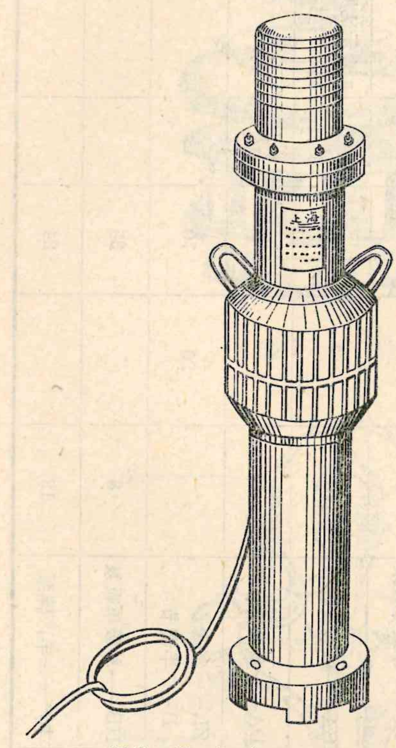
图8 水轮泵剖面

1—水轮机转轮；2—水泵工作轮；3—轴；4—橡胶轴承；5—滚珠轴承；6—泵壳；7—进水滤栅；8—导水结构

表1 水泵型号的意义

水泵种类		例举型号规格表示方法	表示泵型	表示水泵进水口直径为25(毫米)的倍数	表示水泵出水口直径为25(毫米)的倍数	表示叶轮比转数为10的倍数	表示叶轮个数	备注
离心泵	BA型泵	3BA-13	BA——单级单吸泵	3		13		
		6BA-18a	BA——单级单吸泵	6		18		a表示比原来叶轮略小的另一叶轮
	Sh型泵	6Sh-9	Sh——单级双吸泵	6		9		
		10SA-6a	SA——单级双吸泵	10		6		a表示比原来叶轮略小的另一叶轮
	DA型泵	5DA-8×4	DA——多级单吸泵	5		8	4	
轴流泵		20ZLB-70	ZL——立式 B——半调节		20	70		
混流泵		8HB-35	HB——单级单吸泵	8		35		
		12″丰产24	丰产——丰产牌泵	12		24		

价较低；并革除了一般水泵装置的许多附件，重量较轻；在移动和操作时都很方便，而且不需要建造机房。我国近几年来潜水电泵也有较大的发展。潜水电泵优点显著，是很有发展前途的水泵。

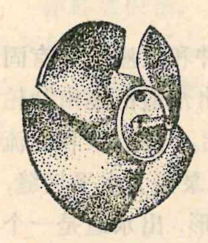

图9 潜水电泵

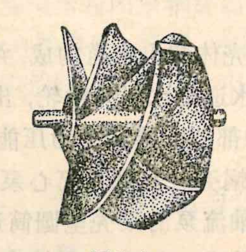
(二)水泵的构造及主要零部件

水泵的种类、型号虽然很多，构造也不相同，但均由转动和固定两大部分组成。其中叶轮、泵轴、泵壳、轴承、减漏环、填料函等是水泵的主要零部件；大型轴流泵叶片的调节机构也是很重要的部件。至于水泵进出水管、滤网、底阀、闸阀、逆止阀、真空表与压力表、水泵与动力机的联轴器或皮带轮等作为水泵装置的附件。

1. 叶轮

由几个叶片构成的工作轮称为叶轮，是水泵最重要的部件，基本上决定了整个水泵的类型。离心泵的叶轮，两边都有盖的称为封闭式，以别于半开式和敞开式。轮盖之间装有2～12个向后弯曲的近于圆柱形的叶片。叶片和轮盖的内壁构成了一系列弯曲的槽道，称为叶槽。农田排灌用的离心泵，一般采用装有6～8个叶片的封闭式或半开式叶轮。


旋桨式


混流式

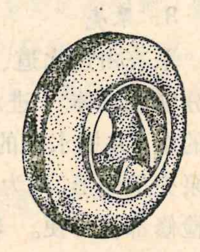

离心式

图10 水泵的叶轮

轴流泵的叶轮一般具有2～6个装在粗大轮毂上的扭曲形叶片，叶片断面和流线型飞机机翼断面形状相似。前端(迎水端)呈圆形，后端是尖削的，为了适应水位的变化，叶片可以做成半调节的或全调节的。混流泵的叶轮形状介于离心泵和轴流泵之间(见图10)。

以上三种水泵的叶轮具有一定的变化规律。从离心泵径向扁平的叶轮，随着比转速的增加，逐渐往缩小径向增大轴向的方向变化，便成了混流泵叶轮。再随着比转速的增加，由混流泵叶轮发展为轴流泵叶轮。

叶轮尺寸基本上是根据流体力学计算并通过模型试验决定的，但同时必须具有足够的机械强度。我国农用中、小型水泵的叶轮材料，一般采用优质灰铸铁，大、中型水泵叶轮系用铸钢作为材料。

2. 泵轴

泵轴必须有足够的扭转强度，一般用炭钢制造。为了防止轴的磨损和锈蚀，在轴同轴承接触的部分镀铬，或装有钢质的轴套，轴套磨损后可以更换。泵轴和叶轮用键及反向螺帽连接，泵轴转动时，螺帽越转越紧。但水泵反转时可能使螺帽松脱。

3．泵壳

泵壳由进水道、壳体和出水道构成，并和泵座把所有固定部分联成一体。进水道把水引向叶轮，出水道汇集由叶轮流出的水，并把水流的部分动能转变为压能。离心泵和混流泵的泵壳呈蜗形，称为蜗壳。双吸式离心泵泵壳为水平接缝，装拆检修都较方便。轴流泵的泵壳呈圆筒形，出水道是一个弯管。中小型轴流泵的进口部分制成喇叭形，大型轴流泵的进水流道多为混凝土浇制的肘形弯管。

4．轴承

离心泵和混流泵的泵轴直径在60毫米以内的采用滚动轴承，泵轴直径在75毫米以上的采用滑动轴承。在轴流泵中有上下轴承各一个，下轴承是采用水润滑的橡胶轴承或塑料轴承，由固定导叶支承，淹没在水面以下。上轴承一般高出水面，有的用橡胶轴承，也有用滚珠轴承。如用橡胶轴承，在水泵起动时要先加清水润滑。

单吸式离心泵与混流泵运转时会产生与叶轮进水方向相反的轴向推力，故设有推力轴承来承受此轴向推力。轴流泵上部也设有推力轴承，承受叶片传来的水压力和传动部件的重量。

5．减漏环

离心泵和混流泵的叶轮与泵壳之间空隙很小，转动时难免发生摩擦而引起叶轮与泵壳金属的损坏，故在上述间隙处的泵壳上安装一个金属环，或在泵壳和叶轮上各安装一个金属环，以便这种环磨损到漏水量太大时予以更换。这种环具有减少水流漏损和防止金属磨损的两种作用，故既叫减漏环，又叫承摩环。

6．填料函

亦称盘根箱，是用来封闭泵轴穿出泵壳处的间隙，防止漏水和进气。它是由填料座、填料、水封环和压盖组成。填料为浸油或浸石蜡的棉纱或石棉绳，用压盖螺栓调节松紧程度。

二、水泵的性能与选型

(一)水泵的基本参数

水泵的几何参数和工作参数合称为水泵的基本参数。几何参数是用来表征水泵的主要尺寸，取叶轮直径 D 作为离心泵和混流泵的几何参数；取叶轮直径 D 和叶片外缘安装角 β 作为轴流泵的几何参数。但在群众中习惯用水泵的进口或出口直径来表征水泵的主要尺寸。

工作参数是用来表征水泵的工作性能，计有流量、扬程、功率、效率、转速、允许真空吸水高度等6个参数。

(1) 流量：又称出水量，指水泵在单位时间内能抽出多少体积或重量的水。计算单位为立方米/时、升/秒或吨/时，以 Q 表示。水泵流量大小和水泵口径大小有关，可以根据水泵口径按下式粗略估算：

$$Q=5D^2\text{(立方米/时)} \quad (1)$$

式中：D——水泵口径，以吋计算。

按口径估算流量大体范围见下表。

(2) 扬程：通常所谓扬程，都是指“总扬程”而言，又叫水头，用 H（米）表示。是由进水池水面到出水池水面的高差（称为实际扬程 $H_{实}$）再加上水流通过管道的水头损失 $H_{损}$ 组成的。即：

$$H=H_{实}+H_{损}\text{(米)} \quad (2)$$

实际扬程又可分为吸水扬程 $H_{吸}$ 和压水扬程 $H_{压}$。吸水

表2　按口径估算水泵流量

水泵口径		流量大体范围	
毫米	吋	公升/秒	立方米/时
75	3	7～20	25～70
100	4	18～35	65～125
150	6	30～55	110～200
200	8	55～95	200～340
250	10	90～170	320～600
300	12	140～280	500～1000
350	14	220～450	800～1600
400	16	400～480	1450～1700
500	20	400～700	1450～2500
600	24	650～1000	2300～3600
800	32	1300～1800	4600～6500
900	36	1500～2000	5400～7200
1000	40	2000～3000	7200～10800
1200	48	2500～3500	9000～12500

注：1公升/秒＝3.6立方米/时。

扬程是指进水池水面到泵轴中心线之间的高差，压水扬程是指泵轴中心线到出水池水面之间的高差（如水泵出水管口不是淹没的，则到出水管口中心线）。

即：

$$H_{实}=H_{吸}+H_{压}$$

如要在抽水站内测定水泵的总扬程，可在水泵进、出口处分别安装真空表和压力表，如图11所示的位置。并用下式计算：

$$H=H_d+H_s+\frac{V_d^2-V_s^2}{2g}+Z \quad (3)$$

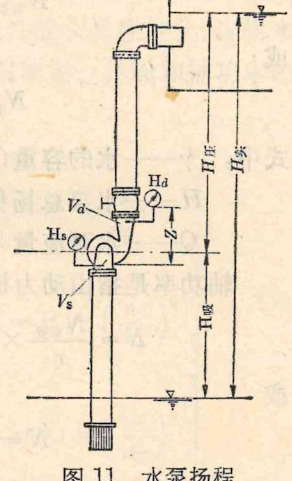


图11　水泵扬程

式中：H_d——压力表的读数，以水柱高度米计；

H_s——真空表的读数，以水柱高度米计；

V_d——水泵出口处（压力表的测压孔）的平均流速（米/秒）；

V_s——水泵进口处（真空表的测压孔）的平均流速（米/秒）；

Z——压力表入口处的旋塞中心到真空表测压孔的垂直距离（米）；

g——重力加速度，9.81米/秒^2。

（3）功率：是指机器在单位时间（1秒钟）内所做的功的大小。柴油机和汽油机是以马力为功率单位，电动机是以瓩为功率单位。马力和瓩换算如下：

1瓩＝1.36马力＝102公斤·米/秒

1马力＝0.736瓩＝75公斤·米/秒

水泵的功率分有效功率和轴功率两种。有效功率是指水泵对水流实际所做的功率，又称水马力，由下式计算：

$$N_{有效}=\frac{\gamma QH}{75}（马力）$$

或

$$N_{有效}=\frac{\gamma QH}{102}（瓩） \quad (4)$$

式中：γ——水的容重(1公斤/公升)；

H——水泵总扬程(米)；

Q——水泵流量(公升/秒)。

轴功率是指由动力机传给水泵轴上的功率，由下式表示：

$$N=\frac{N_{有效}}{\eta}\times 100=\frac{\gamma QH}{75\eta}\times 100\ （马力）$$

或

$$N=\frac{\gamma QH}{102\eta}\times 100\ （瓩） \quad (5)$$

式中： η——水泵效率，以%表示。

(4) 效率：效率标志着水泵性能的好坏及动力利用的有效程度，是一项重要的技术经济指标。水泵在运转时本身不可避免的有漏水、摩擦、涡流等损失，因此水泵的轴功率不可能全部转变为有效功率，而要损耗一部分即打个折扣以后才成为有效功率，这个折扣就是水泵的效率。如下式所示：

$$\eta=\frac{N_{有效}}{N}\times 100\% \quad (6)$$

一般水泵的效率为60～85%。提高水泵的效率意义很大，应从设计、试验研究和制造工艺各方面进行工作。近几年来我国水泵效率达到了一个新的水平，如江西鹰潭水泵厂生产的10″ 丰产-35混流泵，效率高达91.6%，其他水泵厂制造的水泵，效率也普遍提高。

(5) 转速：转速就是水泵叶轮每分钟的转数，用n(转/分)表示。每台水泵都有规定的转速，称为额定转速。中小型离心泵的转速一般在1450～2900转/分，轴流泵的转速一般低于1000转/分。当转速改变后，水泵性能会发生变化，应用水力学的相似理论可以推求转速改变时流量、扬程和轴功率随之变化的规律，称之为比例律。

流量与转速成正比：

$$\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{n_1}{n_2} \quad 则：\quad Q_2=Q_1\times\frac{n_2}{n_1}$$

扬程与转速平方成正比：

$$\frac{H_1}{H_2}=\frac{n_1^2}{n_2^2} \quad 则：\quad H_2=H_1\times\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad (7)$$

轴功率与转速立方成正比：

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{n_1^3}{n_2^3} \quad 则：\quad N_2=N_1\times\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$$

上述公式中，$Q_1H_1N_1$ 代表原来转速 n_1 时的流量、扬程及轴功率，$Q_2H_2N_2$ 代表转速改变为 n_2 后的流量、扬程及轴功率。由此可知，掌握了比例律，可利用提高或降低水泵转速的方法去改变水泵的使用范围。但应注意，任意提高转速不但会使动力机超载或拖不动，而且水泵本身零、部件也易损坏。当然，也不宜降速过低。

现以水泵的额定转速及其相应的流量、扬程及轴功率为基数100，换算转速改变后的水泵工作参数如下表所示。

表3 水泵转速与流量、扬程、轴功率的关系

n(%)	Q(%)	H(%)	N(%)	n(%)	Q(%)	H(%)	N(%)
100	100	100	100	70	70	49	34
90	90	81	73	60	60	36	21.5
80	80	64	51	50	50	25	12.5
75	75	56.3	42.2				

(6) 允许真空吸水高度：允许真空吸水高度是表示水泵汽蚀性能的参数，以 $H_{允真}$ 表示，是一个很重要的技术指标。在设计抽水站时，系根据 $H_{允真}$ 来确定水泵的安装高程。如安装高程超过 $H_{允真}$ 的要求，则水泵吸不上水来，或发生噪音、振动、效率降低等汽蚀现象。这样就会造成土建返工浪费或使水泵遭受汽蚀破坏。

如前所述，离心泵吸水是因为水泵进口和叶轮中部形成真空，进水池水面大气压力将水由进水管压入水泵，因此离心泵的吸水扬程 $H_{吸}$ 可用下式表示：

$$H_{吸}=H_{大气}-H_{进口}-\frac{V^2_{进口}}{2g}-h_{损} \quad (8)$$

式中：$H_{大气}$——进水池水面大气压力水头(米)；

$H_{进口}$——水泵进口处绝对压力水头(米)；

$V_{进口}$——水泵进口处流速(米/秒)；

$h_{损}$——进水管内水头损失(米)。

式中的 $H_{大气}-H_{进口}$ 就是离心泵的真空吸水高度 $H_{真}$，

$$H_{真}=H_{大气}-H_{进口} \quad (9)$$

也就是安装在水泵进口处的真空表的实际读数，代入式(8)，得：

$$H_{吸}=H_{真}-\frac{V^2_{进口}}{2g}-h_{损}$$

即：

$$H_{真}=H_{吸}+\frac{V^2_{进口}}{2g}+h_{损} \quad (10)$$

每台水泵都有一个允许的真空吸水高度 $H_{允真}$，在确定水泵安装高程时，必须使计算出的 $H_{真}$ 小于 $H_{允真}$，才能保证水泵吸水性能良好和不发生汽蚀。一般规定：

$$H_{真}\leqslant H_{允真}-0.5\text{ 米}$$

$H_{允真}$ 是在水泵厂通过汽蚀试验决定的，注明在水泵样本中。离心泵的 $H_{允真}$，一般在 4～8 米。混流泵较小，轴流泵更小。$H_{吸}$ 确定后，水泵安装高程便等于进水池水位加上 $H_{吸}$(图11)。安装轴流泵是根据厂家的规定，将叶轮淹没在水中一定的深度。

(二)比转数

除上述 6 个工作参数以外，在水泵型号中常注明有比转数 n_s 值。其公式为：

$$n_s=\frac{3.65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (11)$$

它的来源是由水泵的相似理论推导出来的，这里不予详述，但应该了解它的概念和意义。

在不同类型的许多叶片泵中，它们的工作参数和叶轮的规格千变万化，如果没有一个共同的标准，那是无法进行比较的。我们希望能有一个可作水泵叶轮比较的综合值，它既能包括主要的工作参数如 Q、H、n 等，从而能反映出水泵的特性；又能基本上反映出叶轮的几何特征。比转数就是具有上述意义的数值。

在最初提出比转数的概念时，是指某台水泵当转速为 n 时其流量、扬程、功率分别为 Q、H、N，而当其扬程化为 1 米时，有效功率化为 1 马力，其流量则化为

$$Q_s=\frac{75N_s}{\gamma H_s}=\frac{75\times1}{1000\times1}=0.075(\text{米}^3/\text{秒})$$

时，其相当的转速 n_s，即为该水泵的比转数。所有水泵都可计算出各自的比转数，因而就可用这些 n_s 来进行比较和分类。如果两台水泵其叶轮及出水道几何相似，则其 n_s 相等，但 n_s 相等的水泵，却不一定几何相似。在理解比转数的概念时，还须注意：在同一台水泵中当工况不同时 n_s 值也不相同。平常所指某台水泵的比转数，是以最优工况即效率最高点的

Q、H 值计算的，而且是以单面进水单个叶轮为准的，如为双吸泵，则应按一半流量计算，多级泵应按单个叶轮的扬程计算。

比转数在实用中有下述意义：

(1) n_s 值的大小，反映了水泵的类型：由公式可知，当 n、Q 相等时，H 值小的泵，n_s 就大；或当 n、H 相等时，Q 大的泵 n_s 亦大。这就反映了低扬程大流量的轴流泵，其 n_s 值大，而高扬程小流量的离心泵，其 n_s 值则小。各类型水泵按比转数可以大致分类如下：

离心泵	$n_s = 50 \sim 300$
混流泵	$n_s = 300 \sim 600$
轴流泵	$n_s = 600 \sim 1200$

(2) n_s 反映了叶轮的几何形状：在水泵叶轮中相对而言，叶槽愈宽流量愈大，外径愈大扬程愈高。因此 n_s 值很小时，亦即高扬程小流量的水泵叶轮，外径相对较大，叶槽狭长，整个叶轮是径向扁平的。当 n_s 由小变大时，叶轮外径则由大变小，叶槽由狭长变为粗短，整个叶轮由径向朝轴向发展，见图 12。

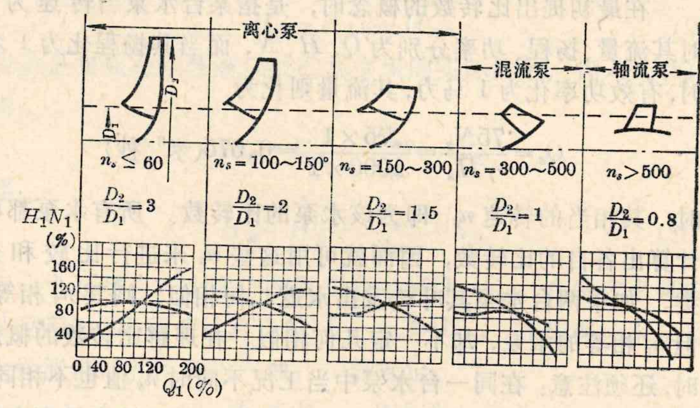


图 12　水泵叶轮和性能曲线随 n_s 变化的规律

(3) n_s 反映出水泵性能曲线的形状：由图 12 可以看出，水泵性能曲线随 n_s 而变化的规律。

(三) 水泵的性能曲线

性能曲线是指水泵在一定的转速下，扬程 H、功率 N、效率 η 和允许真空吸水高度 $H_{允真}$ 等 4 个工作参数随流量 Q 而变化的关系曲线。这组曲线是根据实验结果绘成的，可以从水泵样本中查得。图 13 是一台离心泵的性能曲线，图中 $H \sim Q$ 曲线上有两条波纹线标明效率较高的推荐工作范围。图 14 是一台叶片可以调节的轴流泵性能曲线，为了实用方便，对应不同的叶片安装角，画出不同的 $H \sim Q$ 曲线，并加画等效率曲线和等功率曲线。根据这张图，可以在水位变化时调节叶片的安装角，适当改变流量，以保证水泵在高效率范围内运转，并使电动机经常处于满载，以提高它的效率和功率因数。

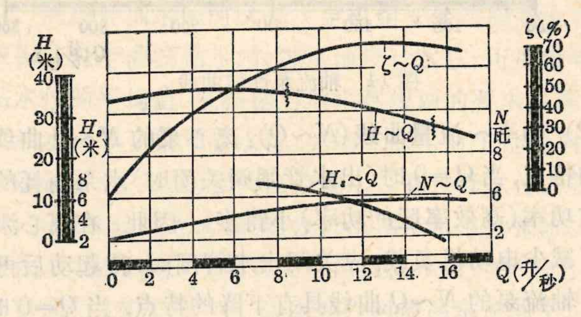


图 13　离心泵性能曲线

不同类型的水泵，其性能曲线具有不同的特点：

(1) 扬程——流量曲线 ($H \sim Q$)：离心泵的 $H \sim Q$ 曲线比较平缓，轴流泵的 $H \sim Q$ 曲线呈陡降形状，或出现马鞍形状。混流泵介于二者之间。离心泵当流量变化范围较大时对扬程的影响较小。

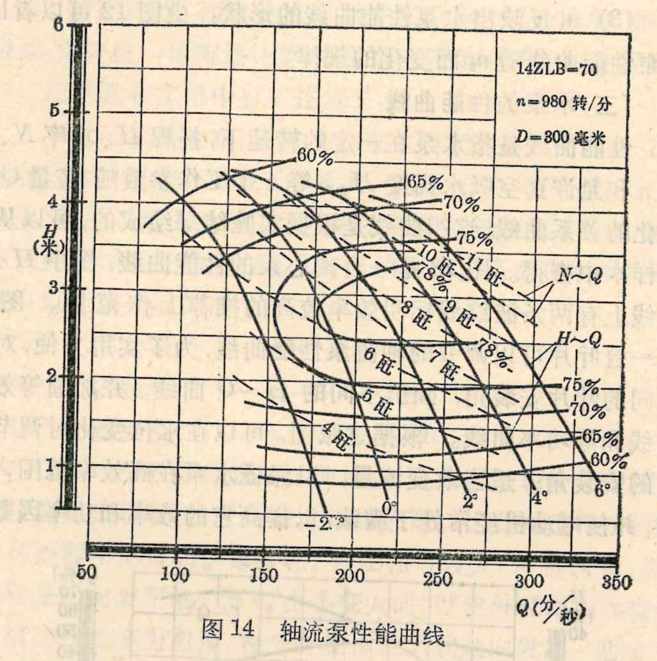


图 14　轴流泵性能曲线

(2) 功率～流量曲线($N \sim Q$)：离心泵的 $N \sim Q$ 曲线具有上升的特点，当 $Q=0$ 时(出水管闸阀关闭时)水泵消耗的功率比正常功率(高效率区的功率)小得多。因此，在离心泵起动时为了减少电动机负载，应关闭出水管闸阀，待起动后再打开闸阀。轴流泵的 $N \sim Q$ 曲线具有下降的特点，当 $Q=0$ 时，功率达到最高值。所以轴流泵起动时必须打开闸阀，一般轴流泵出水管上不安装闸阀。混流泵的曲线比较平坦，流量的变化对轴功率影响较小。

(3) 效率～流量曲线($\eta \sim Q$)：离心泵的 $\eta \sim Q$ 曲线变化比较缓慢，尤其在效率最高点的两侧变化最缓，因此高效率区范围较广，有利于流量的调节。轴流泵的 $\eta \sim Q$ 曲线变化较快，在效率最高点两侧，曲线下降较陡，因此高效率区范围较窄，不利于流量的调节。

了解水泵的性能曲线，可以正确地选用所需要的水泵。在水泵运行时，根据性能曲线，可以掌握和调节水泵的工作状况，以达到合理的使用。

(四) 水泵选型

1. 流量的确定

选择水泵首先要确定灌区或排涝区域内的灌溉流量或排涝流量。确定的方法已在第二、三册内介绍过，这里不予重复。

2. 扬程的确定

如前所述，扬程包括实际扬程和管路损失扬程两部分。实际扬程为抽水站出水池水位与进水池水位之差。进水池水位的确定，在设计抽水站时又是决定机组安装高程和土方开挖量的依据。对于灌溉抽水站，进水池设计水位，可用历年灌溉季节枯水位的平均值，或根据当地水利规划的要求来确定；出水池设计水位即干渠渠首水位(见第二册)。对于排涝抽水站，进水池设计水位，应根据内河控制水位和预降水位的要求来推算；对于出水池设计水位，应分析汛期排水最紧张阶段外河水位变化，一般可取历年排水期外河最高水位的平均值，或根据某一特征年(如 1954 年)排水期外河最高水位的平均值来确定。对于灌排结合两用站，如系以灌为主，则应按灌溉要求确定设计扬程，再以排涝要求来校核；如系以排为主，则应先满足排涝要求，照顾灌溉，具体情况作具体分析。

管路损失扬程 $H_{损}$ 是水流通过管路后产生的水头损失，应根据抽水站管路布置方案进行水力计算，在水泵尚未选型前先要初步拟定管径和管路附件，并用下式计算：

$$H_{损}=S_0Q^2l+\sum S_K\frac{V^2}{2g}\ (米) \tag{12}$$

式中：S_0——直管单位阻力系数；

Q——设计流量（米³/秒）；

l——管长（米）；

S_K——局部阻力系数，指弯头、闸阀、莲蓬头等阻力系数；

V——管内平均流速（米/秒）；

Σ——表示各种局部损失之和。

S_0 与 S_K 的数值查表 4、5。V 值用下式计算：

$$V=1.27\frac{Q}{D^2}\ (米/秒) \tag{13}$$

式中：D——管子直径（米）。

表 4　直管单位阻力系数 S_0 值

管径（毫米）	正常情况的输水管	略带脏土后的输水管
75	1450	
100	319.2	387
150	36.72	44.4
200	7.92	9.55
250	2.41	2.9
300	0.911	1.093
350	0.4	0.481
400	0.196	0.235
500	0.0597	0.0714
600	0.0226	0.027
800	0.00487	0.00584

表 5　局部阻力系数 S_K 值

局阻阻力名称	S_K	局阻阻力名称	S_K
管的进口无扩大部分	0.5	45° 弯头	0.1～0.15
管的进口具有喇叭形状	0.2	收缩管接头	0.1～0.2
带有滤网的底阀	5～8	扩大管接头	0.25～0.5
逆止阀	1.7	淹没式出流	1
90° 普通弯头	0.2～0.3	闸阀（全开时）	0.1

3. 水泵台数选择

选择台数应考虑以下几点：

（1）灌区需水情况：如灌区面积较小，需水要求均匀而流量又不大时，则可选用 1 台水泵。如灌区面积较大，需水不平衡，时多时少，则应选用两台以上水泵配合使用。

（2）动力设备和土建造价：选用水泵台数较少时，动力设备数量亦少，但单机容量大。反之，台数多，单机容量小。因此应根据当地机电设备供应条件和经济比较决定水泵的台数。此外水泵台数多少，对土建造价也有很大影响，选择时也应予以考虑。

（3）检修维护：水泵台数少，运行维护较为方便，但在抽水时期如发生故障需要停机修理时，就会影响供水量。台数较多时，个别机组停机，抽水站仍可保证一定的供水量。

4. 水泵种类和型号的选择

灌区流量和水泵台数确定后，就可知道单机流量，再参照扬程，就可在有关水泵选型配套手册中查得所需要水泵种类和型号。

5. 水泵工作点的校核

水泵选好后，就可知道初步拟定的管径是否适合，如不适

合水泵要求，应根据泵型重新确定管径，并重算 $H_{损}$。这里有一个反复的过程。在水泵和管路完全确定后还应该校核水泵与管路配合的实际工作点的 H、Q 值。

水泵的 $H \sim Q$ 曲线是水泵本身所能提供的扬程随流量变化的规律。当水泵抽水时，管路本身所需要的扬程 $H_{需}$，一部分要克服管路水力损失 $H_{损}$，剩下来的要克服实际扬程 $H_{实}$，即：

$$H_{需}=H_{实}+H_{损} \tag{14}$$

才能将水打到出水池。$H_{损}$ 由式(12)计算，不同的流量，可以求出不同的 $H_{损}$。再用式(14)可以求出 $H_{需}$ 随流量变化的关系曲线($H_{需} \sim Q$)。

将水泵的 $H \sim Q$ 曲线与管路的 $H_{需} \sim Q$ 曲线画在同一张图中，如图 15。两条曲线的交点 A 即为所求的水泵实际工作点。在此点扬程为 H_A，流量为 Q_A。即管路所需要扬程正好是水泵所提供的扬程。只要上下游水位不变，这一工作点也就不变，但如上下游水位有了变化，则工作点也就可能发生变化。设计抽水站时，应该使工作点落在水泵高效率区内。

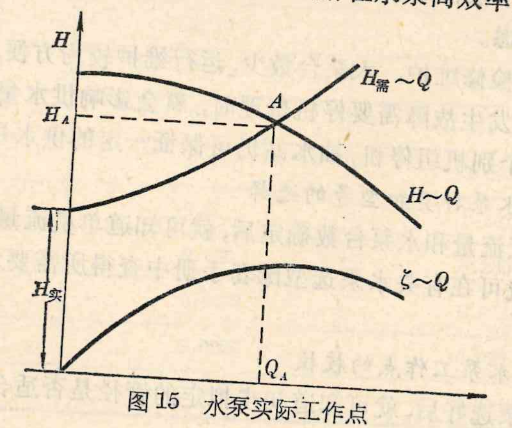


图 15　水泵实际工作点

例：某灌区种植双季稻 3700 亩，一般干旱年份需水最紧张时期需要毛流量 0.9 立方米/秒，水源至渠首实际扬程 12 米，现拟建一抽水站，水泵装置方式初步拟定如图 16，试选择水泵。图中，出水管水平段长 4 米，斜管长 12 米，闸阀 1 只，45° 弯头 1 只，出口拍门 1 只。进水管水平段长 4 米，垂直段长 4 米，底阀 1 只。

1. 水泵扬程计算

先假设进、出水管管径均为 60 厘米，根据灌区种植情况，初步选定水泵台数为两台。

则
$$H_{损}=S_0Q^2l+\sum S_K\frac{V^2}{2g}$$

式中：
$$l=4+4+4+12=24(\text{米})$$

查表 4，得 $S_0=0.235$

则
$$S_0Q^2l=0.235\times0.45^2\times24=1.14\ (\text{米})$$

查表 5，得：底阀 $S_K=8$，90° 弯头 $S_K=0.3$，闸阀 $S_K=0.1$，45° 弯头 $S_K=0.15$，淹没式出流 $S_K=1$。

平均流速
$$V=\frac{0.45}{\pi\frac{0.6^2}{4}}=1.59\ (\text{米/秒})$$

则

$$\sum S_K\frac{V^2}{2g}=\frac{1.59^2}{2\times9.81}(8+0.3+0.1+0.15+1)=1.22(\text{米})$$

$$H_{损}=1.14+1.22=2.36\ (\text{米})$$

水泵扬程　$H=12+2.36=14.36\ (\text{米})$

2. 水泵选型

根据单机流量 0.45 立方米/秒，扬程 14.36 米，在水泵样本中查得两种型号：

(1) 进水口径为 500 毫米的双吸离心泵，20SA-22A，参

数为：转速 $n=960$ 转/分，$Q=0.50$ 立方米/秒，$H=16$ 米，配套电动机功率 $N_{配}=115$ 瓩。

(2) 进水口径 400 毫米的混流泵 16″ 丰产 24，参数为：转速 $n=990$ 转/秒，$Q=0.40\sim0.485$ 立方米/秒，$H=19.85\sim13$ 米，配套电动机功率 $N_{配}=95\sim100$ 瓩。

以上两种水泵均满足要求，根据该地区机电设备供应条件，现选择两台双吸离心泵 20SA-22A。

3. 水泵工作点的校核(略)。

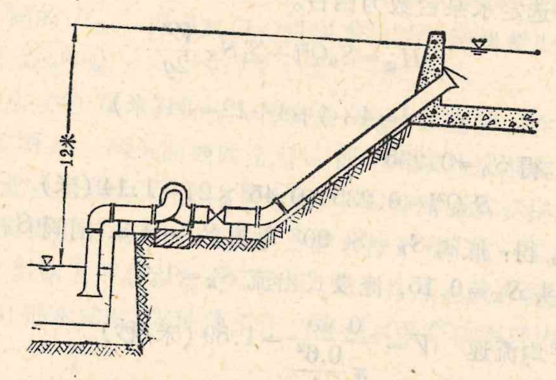


图16 某抽水站水泵装置简图

三、动力机与传动方式的选择

(一)动力机选择

选择动力机包括确定机型和功率。机型要根据当地具体情况如机电设备的供应情况、电源情况等而定。常用动力机有电动机、柴油机及汽油机等。所需动力机的功率，应和水泵轴功率相配合，但应比水泵轴功率大，以便克服传动损失或偶然的超负载。所需动力机的功率 $N_{机}$ 可用下式计算：

$$N_{机}=K\frac{N}{\eta_{传}}\times100 \tag{15}$$

式中：N——水泵轴功率，见式(5)；

$\eta_{传}$——传动效率，视传动方式而定，联轴器约为 95% 以上，良好的三角皮带传动约为 90%；

K——备用功率系数：当轴功率在 50 马力以下时，可采用 $K=1.15\sim1.10$，当轴功率在 50 马力以上时可采用 $K=1.08\sim1.05$。

(二)传动方式的选择与计算

1. 传动方式选择

常用的传动方式有直接传动和皮带传动两种。当水泵转速与动力机转速接近时，应尽可能采用直接传动，也就是用联轴器把水泵和动力机的轴连接起来。这种方式传动效率高，结构简单，安全可靠。当水泵转速与动力机转速不等时，或机泵不能直联时，则应采用皮带传动。皮带分平皮带与三角皮带两种。用平皮带传动时，其传动比不宜超过 5:1；用三角皮带传动时，其传动比可以达到 7:1。

2. 皮带轮直径的计算

计算公式如下：

$$\frac{D_{泵}}{D_{机}}=0.95\frac{n_{机}}{n_{泵}} \tag{16}$$

式中：$D_{泵}$——水泵皮带轮直径；

$D_{机}$——动力机皮带轮直径；

$n_{机}$——动力机转速；

$n_{泵}$——水泵转速；

0.95——考虑皮带轮打滑引起转速降低的折扣系数。

由上式可得水泵皮带轮直径：

$$D_{泵}=0.95\frac{n_{机}\times D_{机}}{n_{泵}} \quad (17)$$

3. 皮带轮中心距离

两皮带轮中心距离C，可用下式求得：

平皮带：

$$C=(3\sim5)\cdot(D_{机}+D_{泵}) \quad (18)$$

三角皮带，最大中心距离：

$$C_{最大}=2\cdot(D_{机}+D_{泵}) \quad (19)$$

最小中心距离：

$$C_{最小}=0.5(D_{机}+D_{泵})+3h \quad (20)$$

式中：h——三角皮带截面高度，单位与皮带轮直径单位相同。

4. 皮带在皮带轮上的包角

为了防止皮带在皮带轮上打滑，皮带在皮带轮上的包角要有一定的规定：

平皮带： 包角$\geqslant$150度；

三角皮带： 包角$\geqslant$120度。

5. 传动皮带规格和根数的选择

平皮带选择：各种规格的平皮带都有规定的最大传递马力，可根据需要选用。

表6 平皮带传递马力范围

规格(吋×层)	3×3	3×4	4×4	5×5	6×6	8×8	10×10	12×12
传递马力	5以下	5～10	10～20	20～38	38～45	60～70	80～90	100～120

三角皮带选择：三角皮带的型号分为A、B、C、D、E五大类。A型尺寸最小，E型最大。各型号传递马力范围如下表。

表7 三角皮带传递马力范围

型号	A	B	C	D	E
传递马力	3以下	3～15	$7^1/_2$～60	40～150	75～250

参考上表初步选定三角皮带型号后，尚须计算选用三角皮带的根数。为此应先计算皮带的速度，再查表8得出每根皮带传递的马力，再根据总马力算出所需皮带的根数。

皮带速度：

$$V=3.14Dn\ (米/分) \quad (21)$$

式中：D——皮带轮直径(米)；

n——皮带轮转速(转/分)。

表8 每根皮带传递马力

型号	速度(米/分)				
	300	450	600	900	1200
A	0.9	1.3	1.7	2.4	2.8
B	1.2	1.7	2.3	3.2	4.2
C	3.6	4.0	5.5	7.5	9.0
D	5.5	8.0	10.0	14.5	17.5
E	7.5	11.0	14.0	19.5	23.5

$$三角皮带根数=\frac{总马力数}{每根皮带能传递的马力数}$$

所计算出的根数如有小数，应进位化为整数。

四、抽水站机房

机房是安置水泵、动力机及附属设备的建筑物，是整个抽

水站工程的主体，它为机电设备及管理运行人员提供良好的工作条件。因此，合理地设计机房，对工程投资、机电设备的使用寿命和安全运行都有很大的意义。

(一)机房类型

常见的抽水站机房有以下几种类型：

1. 安装卧式离心泵或混流泵的机房

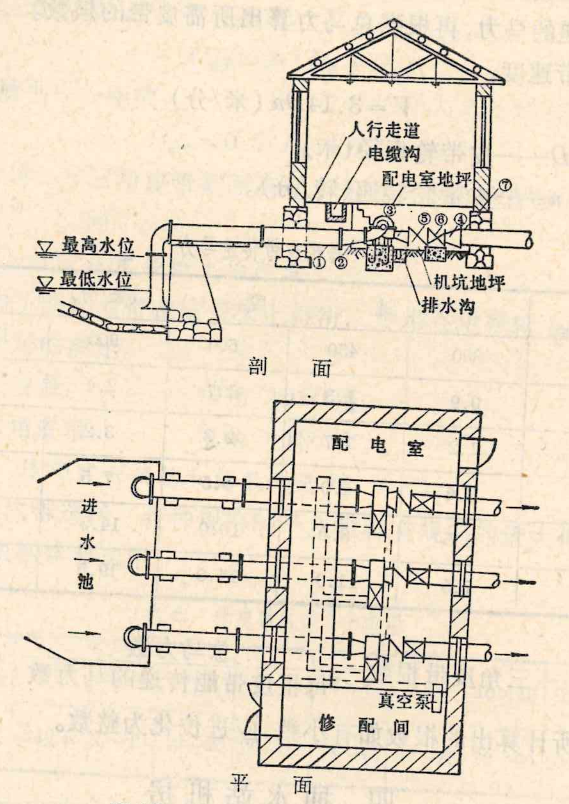


图17 卧式离心泵、混流泵机房

①短管；②偏心异径管；③水泵；④短管；⑤逆止伐；⑥闸伐；⑦出水管

如图17所示，从图中可以看出，水泵机组的基础与机房墙壁的基础是分开的，没有水下部分，与普通房屋相似。这种机房因为结构简单、施工方便、造价经济，因而普遍应用于机电排灌站的建设中。

机房进水侧的岸边常做成护砌的斜坡形式，这样有利于水泵进水管路的安装和检修，但当站址土质较差时，为了减少开挖量和加固岸边，则在进水侧建筑垂直的挡土墙较为合适。这样，这种类型的机房也就限于水源水位变化不大的地区。

2. 安装立式轴流泵的机房

如图18所示，机房分上下两层。上层安装动力机、传动设备及电气设备；下层安装水泵。叶轮淹没在水下，进水池变成进水室。这种类型机房适用于水源水位变化稍大的场合。

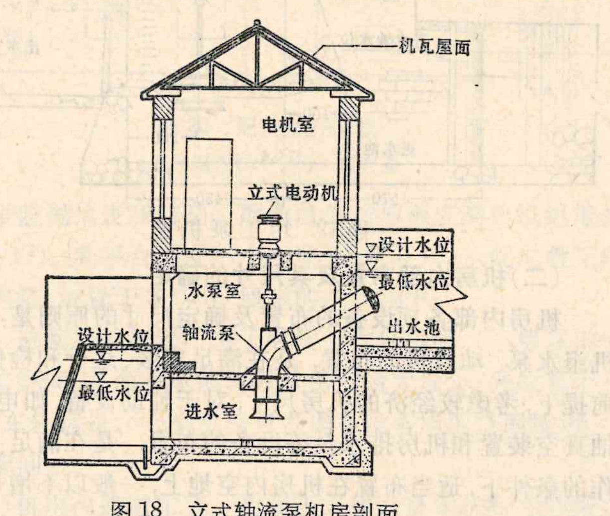


图18 立式轴流泵机房剖面

3. “圬工泵”机房

如图19所示，“圬工泵”即低扬程大流量的轴流泵，没有

出水弯管。因此这种机房一般有三层。上层是动力间，中层是开敞式或有压的圬工出水室，下层为有压进水室。出水室后壁形状在平面上一般采用半圆形或矩形，进水室后壁平面形状根据各地经验以及试验，以对称的平面蜗形最好，见图23所示。

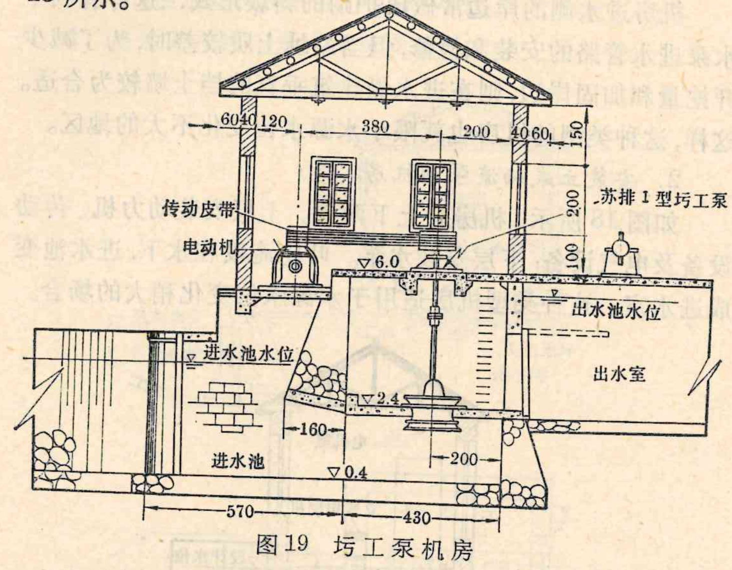


图19 圬工泵机房

(二)机房内部布置及其尺寸的确定

机房内部各项设备的布置及确定尺寸的原则是：对于主机组水泵、动力机的布置，是在满足安装、运行和检修要求的前提下，考虑较经济的机房尺寸；对于辅助设备，如电气设备、抽真空装置和机房排水泵等设备的布置，是在满足主机组工作的条件下，适当布置在机房内空地上，一般以不增加机房尺寸为宜。

1. 机房内部布置

(1) 主机组布置：通常当机组数目不多的情况下，大都采用一列式布置形式。为了减少吸水损失，缩短管路，要求机组靠近进水侧一边。这种布置的优点在于机房跨度小，排列整齐，便于运行时工作人员来回巡视，如图17。

(2) 配电盘布置：常见的有两种形式。

1) 一端布置：如图20*a*所示，适用于机组数目少的情况。优点是机房跨度可以减少，进出水侧都可以开窗，有利于通风采光。如当机组台数较多时，远离配电盘的机组，在运行时不便于值班人员的监视和操作。

2) 一侧布置：如图20*b*所示，适用于机组数目较多的机房，配电盘放在机房进水侧或出水侧的中间部分。

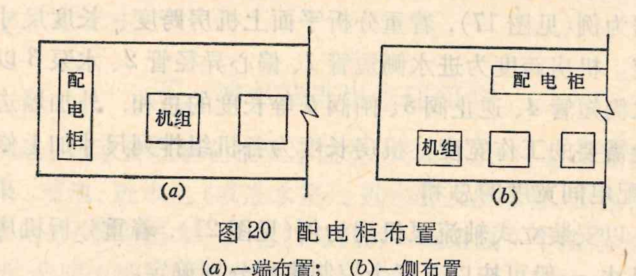


图20 配电柜布置

(*a*)一端布置；(*b*)一侧布置

为了监视仪表和防潮，配电盘处的地板应高出机组地面(参见图17)，其平台宽度不小于2.5～3.0米，从配电盘至电动机的电缆，放置于30×30厘米的电缆沟中。

(3) 修配间的布置：为了装配与检修机组，一般在机房一端设修配间，其面积应能放置机房内最大设备，并应靠近大门，以便车辆运送。小型机房可考虑在设备周围空间检修，不另设修配间。

(4) 机房内通道布置：为便于工作人员来往行走和搬运设备，机房内应设交通过道。主要过道的宽度不小于1.5米，工作过道的宽度不小于1.0米。若机房分层，楼板上应设吊

物孔与下层相通，其尺寸应能通过下层设备最大部件。各层之间并设有楼梯。

(5) 机房门窗布置：要求有较大的门窗面积，便于夏季自然通风，降低室内温度，其面积与地板面积之比应不小于20～25%。机房最好设大、小两个门。大门以能通过内部最大设备部件为宜。

(6) 辅助设备的布置：可以布置在机房内角落的空地上，允许靠墙，但应留出安装检修的地方。

2. 机房内部尺寸的确定

主要是确定机房跨度、长度及高度。以安装卧式水泵的机房为例（见图 17），着重分析平面上机房跨度、长度尺寸的确定。机房跨度为进水侧短管 *1*、偏心异径管 *2*、水泵 *3* 以及出水侧短管 *4*、逆止阀 *5*、闸阀 *6* 等长度的总和，外加墙边拧螺栓需要的工作宽度。机房长度为各机组排列尺寸加上修配间、配电间宽度的总和。

以安装立式轴流泵机房为例（见图 21），着重分析机房高度尺寸，一般可按以下三个控制高程分别确定：

(1) 底板高程 $\nabla_{底}$：它受最低下水位 $\nabla_{低}$ 的控制。

$$\nabla_{底}=\nabla_{低}-(h_1+h_2) \quad (22)$$

式中：h_1,h_2 为水泵所要求的最小尺寸（见进水池部分）。

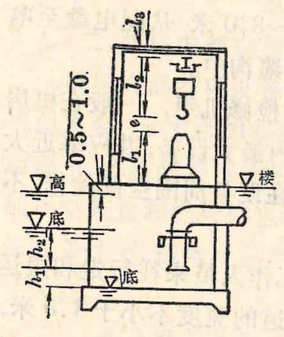


图 21 机房高度计算简图

(2) 电机层楼板高程 $\nabla_{楼}$：

$$\nabla_{楼}=\nabla_{高}+\Delta h \quad (23)$$

式中：$\nabla_{高}$——最高下水位；

Δh——保证电机层不受淹的安全高，一般采用 0.5～1.0 米。

(3) 电机层以上机房高度 l：

$$l=l_1+l_2+l_3+e \quad (24)$$

式中：l_1——电机包括底座在内的高度，如泵轴长度大于此高度则以泵轴长度计；

l_2——起吊设备高度，包括吊钩的极限位置高度在内；

l_3——起吊设备以上间隙和屋顶高度；

e——吊钩与吊物的间隙，一般可采用 0.5 米左右。

在小型排灌站机房内往往采用三角架等临时起吊设备。应根据实际情况来确定有关尺寸。

从通风散热考虑，机房电机层高度一般不小于 4 米，跨度不小于 4.5 米。

五、抽水站进出水建筑物

进、出水建筑物包括取水建筑物（如进水闸、进水涵洞）、引渠、前池、进水池（或进水室）、进水管及出水管、出水池和分水闸等（参见图 28）。它们与机房一起组成一个抽水站的枢纽，共同为排灌站工作创造良好条件。

取水建筑物、引渠和分水闸等已在前几册有关部分讲述，其余部分介绍如下：

（一）前池与进水池

其作用是保证水流平顺均匀地进入水泵，池中水流状态对水泵的效率、出水量、运转情况有很大的影响，设计和施工时应予充分重视。

1. 前池

引渠与进水池联结处的扩散段称为前池（图 22），底部在平面上为一梯形，其短边等于引渠底宽，长边为进水池总宽。在纵剖面上自引渠底逐渐下降与进水池底相连。根据水流平

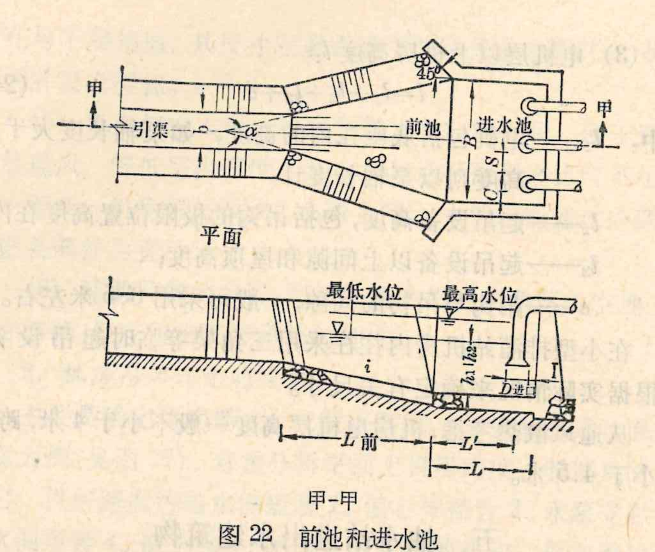


图 22　前池和进水池

顺要求，锥角 $\alpha<40°$，底坡 $i<1/5$，进水池岸墩翼墙与前池中心线成 45°。

2. 进水池(或进水室)

是供给水泵吸水的水池，它的形状和尺寸直接影响水泵吸水性能，应使其中的水流平顺不产生漩涡为条件。

(1) 形状：应尽量满足良好的水流条件以及施工方便等要求。常见的进水池平面形状有矩形、多边形、半圆形及对称蜗形等，见图 23。其中以对称蜗形最好，但施工较麻烦，一般小型抽水站为了施工方便，多采用矩形或半圆形。大型轴流泵站进水室多采用弯

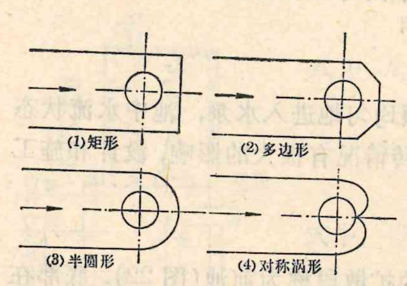


图 23　进水池(进水室)平面形式

肘形进水管。

(2) 最小水深：进水池最小水深为进水管口悬空高 h_1 与淹没深 h_2 之和(图 22)。悬空高 h_1 应在满足良好的水力条件和防止泥沙淤积管口的情况下，尽量减少其高度以减少土方开挖量和降低造价。根据各地经验和试验研究，建议采用：

$$h_1=(0.6\sim0.8)D_{进口} \tag{25}$$

式中：$D_{进口}$——进水管口或水泵喇叭口断面直径。

对于小管径，可采用上式中较大的值，但最少不应小于 0.3 米。对于大管径应采用上式中较小的值。

进水管淹没深度 h_2，对于中小型水泵可采用：

$$h_2=(1.4\sim1.6)D_{进口} \tag{26}$$

对于立式轴流泵淹没深度，应根据水泵厂出厂样本的要求来决定。

(3) 进水管口至进水池后壁的距离 T：各地经验及试验研究证明，T 值越小越好。

(4) 边距、间距、进水池宽度及长度(见图 22)：边距 C 是进水管口外缘至边墩内壁的距离。对于每一台水泵有一单独进水池时，不论管径 D 大小，均可采用 $C=D$。若几台水泵共用一个进水池时，当管径 $D<1$ 米时，可用 $C=D$。当管径 $D>1$ 米时，可用 $C=(0.5\sim1.0)D_{进口}$。

间距 S 是进水池内各进水管之间的距离，为了避免各水泵抽水时相互干扰，采用的最小间距 $S>3.5D_{进口}$。

进水池宽度 B，对于单机进水池一般采用 $(2\sim3)D_{进口}$。对于几台水泵共用一个进水池时，宽度 B 等于下列各值总和：

$$B=(n-1)(S+D_{进口})+D_{进口}+2C \tag{27}$$

式中：n——水泵数。

进水池长度 L，不宜过小，以免水流条件恶化；但也不宜过大，以免增加工程造价。一般常用进水池的容积为流量的 K 倍来确定：

$$L \cdot B \cdot h = KQ$$

则

$$L = \frac{KQ}{B \cdot h} \tag{28}$$

式中：Q——水泵额定流量(米^3/秒)

K——秒换水系数，可用 15～20。

此外，还有以进水管中心线至进水池入口距离为 $4D_{进口}$ 来计算的：

$$L = 4.5D_{进口} + T \tag{29}$$

(二)进水管和出水管

进水管应满足以下要求：

(1) 有高度的密封性，不漏气，不漏水；

(2) 尽量缩短并减少接头和弯头，以减少水头损失；

(3) 有足够的强度和刚度。

进水管常采用焊接钢管或带有法兰盘接口的铸铁管。进水管内流速一般要求为 1.2～1.6 米/秒，进口喇叭流速为 0.8～1.0 米/秒，据此确定管径。水平段应有一逐渐向水泵进口上升的坡度 ($i \geqslant 5/1000$)，以免在管内形成气囊影响水泵工作。进水管至水泵进口处应以偏心渐变接管联接，如图 24 所示。接管长度 $l = 7(D-d)$，D 和 d 分别表示大头和小头的管径。进水管上一般不装闸阀，只有在落井安装时(负值吸水高)才考虑采用闸阀。

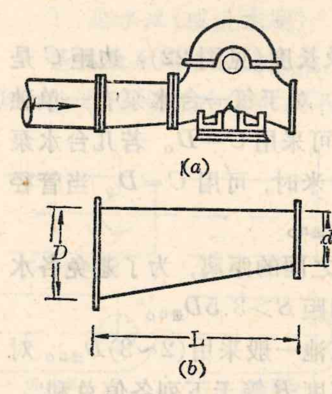


图 24 偏心渐变接管及安装

(a)与水泵及进水管的连接；(b)形状图

出水管也叫压力水管，应满足以下要求：

(1) 保证管路有足够的强度和刚度，稳定可靠；

(2) 尽可能减少投资，但又必须减少水头损失；

(3) 管理维修方便，并设有放空管中存水的设备。

出水管常用钢筋混凝土管、铸铁管以及钢管。在机房内部多用钢管。在扬程不太高的抽水站，采用钢筋混凝土管较适宜，既经济又可靠。在扬程较高的抽水站，可考虑采用钢管。出水管径较小时可采用铸铁管。选择管径时，可按管内流速为 1.5～3.0 米/秒作为设计依据。

管路的铺设是很重要的施工问题。应该铺设在挖方上，如为填土，必须分层夯实。管路坡度应小于天然土的休止角(一般不陡于 30°)，如图 25 所示。在管子转弯处设镇墩①，防止管子受力后产生移动；在两个镇墩之间加设支墩②若干，用以支承管道；管子埋设在镇墩内并用描筋固定，在镇墩的下方，并设有伸缩接头③；为了防止停车倒流，管子出口设有拍门⑤，为避免拍门关闭后管中产生负压，拍门后设有通气管④。

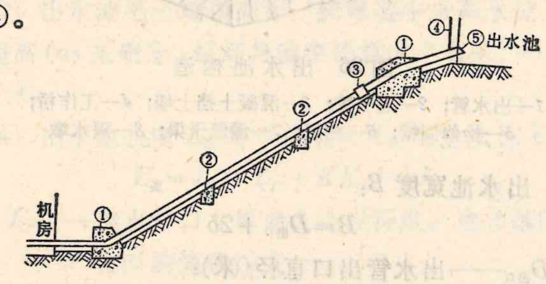


图 25 出水管铺设

①镇墩；②支墩；③伸缩接头；④通气管；⑤拍门

（三）出水池

也叫压力水池，是联接压力水管与灌溉干渠或泄水渠的建筑物，其作用是消能防冲并使水流平顺地流入渠道。出水池形式也较多，常见的小型抽水站出水池如图 26 所示。出水管上缘应淹没于池中最低水位以下，各出水管口之间设有隔墩，有的并设有检修插门。出水池的挡土墙是用混凝土或块石砌筑。出水池各部分尺寸确定如下（图 27）：

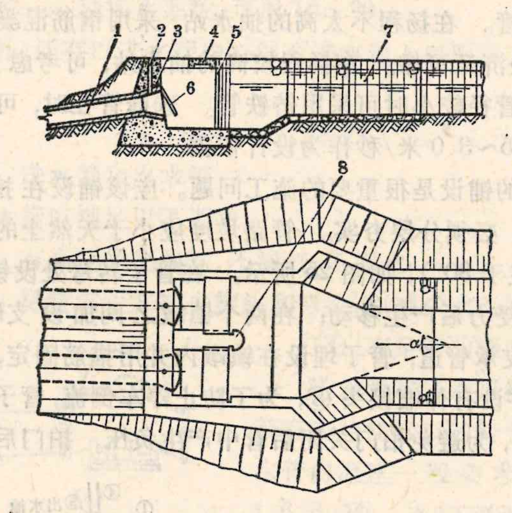


图 26　出水池构造

1—出水管；2—通气管；3—混凝土挡土墙；4—工作桥；5—检修门槽；6—拍门；7—灌溉干渠；8—隔水墩

(1) 出水池宽度 B：

$$B=D_{出口}+2b \qquad (30)$$

式中：$D_{出口}$——出水管出口直径（米）；

b——管口边缘至侧壁的距离，结构上一般采用 0.3～0.4 米。

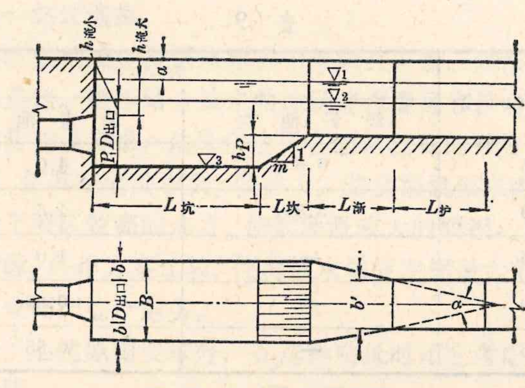


图 27　出水池计算简图

如有几条出水管，并有隔墩，则其宽度要相应地增加。

(2) 出水池底板高程 ∇_3：

$$\nabla_3=\nabla_2-(h_{淹}+D_{出口}+P) \qquad (31)$$

式中：∇_2——渠道的最低水位；

$h_{淹}$——出水管口上缘最小淹没水深，一般采用 $h_{淹}=(1\sim2)\dfrac{V^2_{出口}}{2g}$，但不应小于 0.05～0.10 米；

P——管口下缘至池底距离，采用 0.1～0.2 米。

(3) 出水池挡土墙顶高程：按渠道中最高水位 ∇_1 加上安全超高（a）来确定，超高与池中流量大小有关，一般为 0.3～0.5 米。

(4) 出水池长度 $L_{池}$ 等于池坑长 $L_{坑}$ 与池坎长 $L_{坎}$ 之和：

$$L_{池}=L_{坑}+L_{坎}=Kh'_{淹}+mh_P \qquad (32)$$

式中：$h'_{淹}$——出水管口上缘最大淹没深度，亦为池中最高水位时的淹没深度；

K——出水池不同构造形式的系数，由表 9 选用；

h_P——出水池底与渠底高程差；

表 9

$h_P/D_{出口}$	K	
	倾 斜 池 坎	铅 直 池 坎
0.5	6.5	4.0
1.0	5.8	1.6
1.5	—	1.0
2.0	—	0.85
2.5	—	0.85

m——池坎坡度系数，采用1～2。

(5) 渐变段长度$L_{渐}$

$$L_{渐}=\frac{B-b'}{2\text{tg}\dfrac{\alpha}{2}} \tag{33}$$

式中：B——出水池宽度；

b'——渠道底宽；

α——渐变段收缩角，采用30～40°。

(6) 护砌段长度$L_{护}$可采用4～5倍的渠道最大水深。

以上进出水建筑物，不是所有抽水站都是齐全的，应因地制宜的来设计。

六、抽水站站址选择及建筑物布置

抽水站站址选择，应在一个地区农田水利规划中考虑。根据抽水站的作用，分为灌溉抽水站，排涝抽水站，以及灌排结合抽水站。灌溉站多建于山丘区，单纯排涝站建于低洼圩区，但并不多见，而在平原圩区大量的是灌排结合抽水站。

(一)站址选择

灌溉站站址是根据水源和干渠渠首位置、地形和地基等条件来选定。灌排结合抽水站站址兼顾灌溉和排涝的要求，如从排涝要求考虑，站址宜选择在灌区较低的地方，并靠近容泄区，使其控制面积大，效益大。若从灌溉要求考虑，站址最好设于灌区较高的地方，使能灌溉较大的面积。因此必须统筹考虑，并作方案比较，使得抽水站能发挥最大效益，更好的为农业高产稳产服务。

除了上述原则要求外，在选择站址时还应考虑以下几个具体问题：

(1) 灌溉取水口或排涝出水口最好设在不冲不淤的稳定河段上。

(2) 机房尽可能设在坚实的地基上，其基础最好在地下水位以上。如遇软弱的地基，则应进行地基处理，并设计相适应的机房结构型式。

(3) 站址应设在交通方便的地方；如系电力提水则站址应尽量靠近电源。

(4) 便于动力综合利用，为发展农副产品加工创造条件。

(二)建筑物布置

1. *灌溉抽水站建筑物布置*

基本上可以分为两种布置形式。一种是有引渠的(图28)，适用于岸边坡度较缓，水源水位比较稳定，或水源水位虽然变

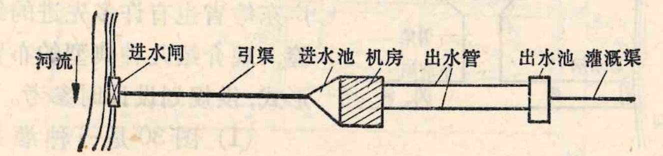


图28 有引渠灌溉抽水站建筑物布置简图

化较大但抽水量不大的灌区。为了节省压力水管和机房造价，将机房设在靠近出水池的挖方中，引渠进水闸或进口涵洞挡水，机房本身不挡水。

另一种是无引渠的形式(图 29)，是将机房与取水建筑物合建于岸边，机房本身要挡水。它适用于岸边地形较陡，水位变化不大的灌区。

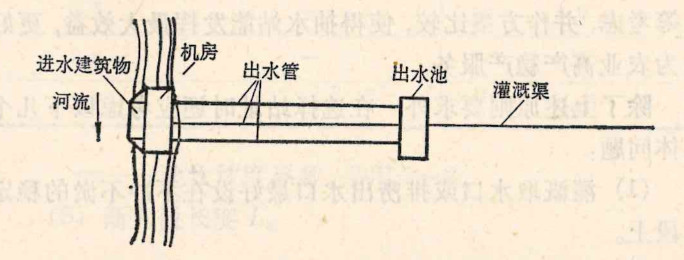


图 29 无引渠灌溉抽水站建筑物布置简图

如果水位变化较大，抽水量不大，而地基条件又较差时，可采用浮动抽水机站及流动机船抽水。

2. 灌排结合抽水站布置

各地区根据具体条件及一站多用的目的，创造了许多好的布置形式，如江苏圩区一带创造了灌、排、航相结合；抽水灌、排和自流排水相结合；抽水灌、排和发电相结合等形式。其他地区如浙江、广东等省也有许多先进的经验，现介绍几种典型的布置形式，供规划设计时参考。

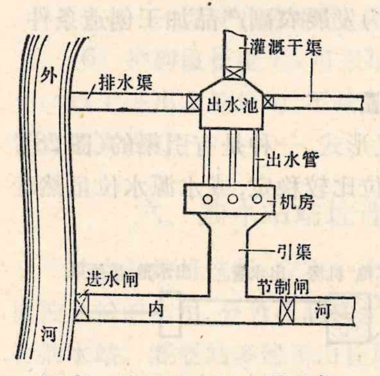


图 30 灌排结合站布置示意

(1) 图 30 是一种灌排结合最基本的布置形式，当需要灌溉时打开进水闸关闭节制闸，从外河引水，也可以结合降低内河水位关闭进水闸打开节制闸，从内河引水。当需要排水时，将内河渍水抽至出水池经排水渠泄至外河。此外，当条件许可时，还可同时打开进水闸和节制闸，自流外排。

(2) 图 31 是灌、排、航相结合的布置形式，即抽水站和船

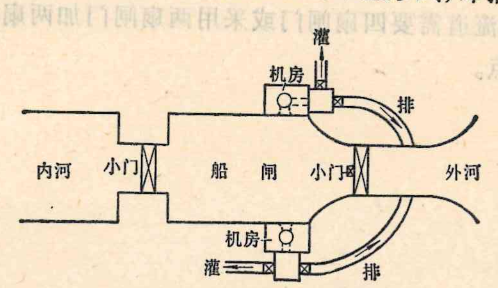


图 31 站闸结合布置示意

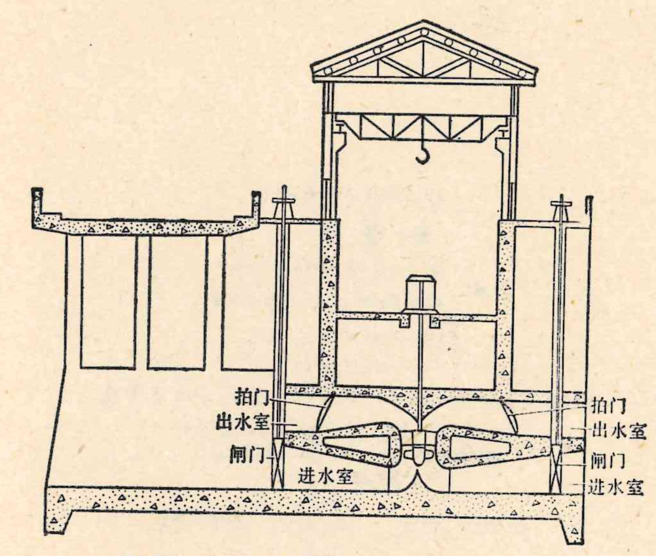


图 32 站桥结合灌、排两用双向进水抽水站

闸结合的一站多用的形式。它的优点是建筑物集中，结构紧凑，节省造价，便于管理。主要需解决抽水时和通航的矛盾。

(3) 图 32 是近几年来在江苏建成的具有双向流道的灌、排结合的新型抽水站，这种抽水站除了机房以外，没有其他建筑物，工程造价大大节省，管理十分方便。但是机房本身需要挡水，双向流道需要四扇闸门或采用两扇闸门加两扇拍门，这是它的缺点。

农田水利小丛书(六)
机 电 排 灌
华东水利学院农水系
《农田水利小丛书》编写组 编
上海人民出版社出版
(上海绍兴路5号)
新华书店上海发行所发行 上海 印十二厂印刷
开本 787×1092 1/32 印张 1.75 字数 34,000
1975年6月第1版 1975年6月第1次印刷
印数 1－300,000
统一书号：16171·147 定价：0.12元

NONG TIAN SHUI LI XIAO CONG SHU



统一书号：16171·147
定　　价：0.12 元